

Rec'd PCT/PTO 03 JUN 2005

PCT/JP 03/15302

#2

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

28.11.03

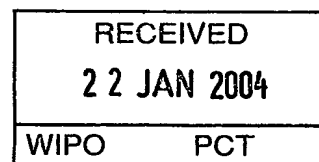
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月 4日

出願番号
Application Number: 特願2002-352382
[ST. 10/C]: [JP 2002-352382]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社



BEST AVAILABLE COPY

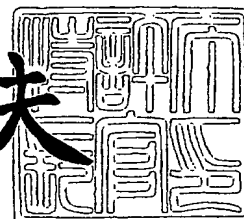
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月 8日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2892040204

【提出日】 平成14年12月 4日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 21/21

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県温泉郡川内町南方 2 1 3 1 番地 1 松下寿電子工業株式会社内

【氏名】 高木 進

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県温泉郡川内町南方 2 1 3 1 番地 1 松下寿電子工業株式会社内

【氏名】 溝尾 嘉章

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気ヘッドアセンブリおよび磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構とを有する磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスク装置内の温度に応じて、前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダの浮上量を変化させる手段を有し、
特に、室温（25℃）より低温時に、室温での浮上量より浮上量を減少させ、室温より高温時に、室温での浮上量より浮上量を増加させる手段を具備することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 2】 室温状態（25℃）での浮上量に対して、所望の温度範囲において、浮上量を温度に対して単調に変化させる手段を具備し、温度変動による平均浮上量変化率が、0.15%/℃～0.45%/℃の範囲にあることを特徴とする、請求項 1 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 3】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構

とを有する磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドアセンブリ内に温度変動により応力を発生させる構造を備え

、
室温（25℃）より低温時に、前記磁気ヘッドスライダのクラウン量を小さく、
室温より高温時に、前記磁気ヘッドスライダのクラウン量を大きくすることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項4】 所望の温度範囲において、温度変動によるクラウン量の変化率が、 $0.26 \sim 0.62 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ の範囲にあることを特徴とする、請求項3に記載の磁気ディスク装置。

【請求項5】 室温状態（25℃）での浮上量に対して、所望の温度範囲において、温度変動による平均浮上量変化率が、 $0.15\% / ^\circ\text{C} \sim 0.45\% / ^\circ\text{C}$ の範囲にあることを特徴とする、請求項3および請求項4に記載の磁気ディスク装置。

【請求項6】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばねと、配線構造体と、ロードビームとを有する磁気ヘッドアセンブリにおいて、

前記板ばねの熱膨張係数 α_1 、前記磁気ヘッドスライダの熱膨張係数 α_2 として、

$$-13.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C} < \alpha_1 - \alpha_2 < -5.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

の関係を満足することを特徴とする、磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項7】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、

前記板ばねが熱膨張係数 $2.3 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以下の鉄・ニッケルを含むインバー合金からなることを特徴とする請求項6に記載の磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項8】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、

前記板ばねが熱膨張係数 $2.3 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以下の鉄・ニッケル・コバルトを含む合金からなることを特徴とする請求項6に記載の磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項9】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッ

ドスライダと、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構とを有する磁気ディスク装置において、

前記板ばねの熱膨張係数 α_1 、前記磁気ヘッドスライダの熱膨張係数 α_2 として、

$$-13.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C} < \alpha_1 - \alpha_2 < -5.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

の関係を満足することを特徴とする、磁気ディスク装置。

【請求項 10】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、

前記板ばねが熱膨張係数 $2.3 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以下の鉄・ニッケルを含むインバー合金からなることを特徴とする請求項 9 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 11】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、

前記板ばねが熱膨張係数 $2.3 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以下の鉄・ニッケル・コバルト合金からなることを特徴とする請求項 9 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 12】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばねと、配線構造体と、ロードビームとを有する磁気ヘッドアセンブリにおいて、

前記磁気ヘッドスライダの磁気ディスクに対する摺動面の裏面に、前記磁気ヘッドスライダを構成する材料より熱膨張係数の小さい薄膜を形成していることを特徴とする磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項 13】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、前記薄膜の熱膨張係数 α_1 、膜厚 t_1 、前記磁気ヘッドスライダの熱膨張係数 α_2 として、

$$-2.0 \times 10^{-7} \text{ mm/}^{\circ}\text{C} > (\alpha_1 - \alpha_2) \times t_1 > -4.6 \times 10^{-7} \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$$

の関係を満足することを特徴とする請求項 12 に記載の磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項 14】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、前記薄膜の膜厚が、磁気ヘッドスライダの厚さの 10% から 50% の膜厚であることを特徴とする、請求項 12 もしくは請求項 13 に記載の磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項 15】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、前記磁気ヘッドスライダの磁気ディスクに対する摺動面の裏面に形成された薄膜と、

前記磁気ヘッドスライダの裏面を薄膜を介し接着支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構とを有する磁気ディスク装置において、

前記薄膜の熱膨張係数が、前記磁気ヘッドスライダの熱膨張係数より小さいことを特徴とする、磁気ディスク装置。

【請求項 16】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、前記薄膜の熱膨張係数 α_1 、膜厚 t_1 、前記磁気ヘッドスライダの熱膨張係数 α_2 として、

$$-2.0 \times 10^{-7} \text{ mm/}^{\circ}\text{C} > (\alpha_1 - \alpha_2) \times t_1 > -4.6 \times 10^{-7} \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$$

の関係を満足することを特徴とする請求項 15 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 17】 前記磁気ヘッドスライダがアルミナチタン酸カーバイトを含み、前記薄膜の膜厚が、磁気ヘッドスライダの厚さの 10% から 50% の膜厚

であることを特徴とする、請求項 15 もしくは請求項 16 に記載の磁気ディスク装置

【請求項 18】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばねと、配線構造体と、ロードビームを有する磁気ヘッドアセンブリにおいて、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する前記薄膜状の板ばねが、二枚の熱膨張係数の異なる薄板からなるバイメタル構造で構成されることを特徴とする、磁気ヘッドアセンブリ。

【請求項 19】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構とを有する磁気ディスク装置において、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄膜状の板ばねが、二枚の熱膨張係数の異なる薄板からなるバイメタル構造で構成されることを特徴とする、磁気ディスク装置。

【請求項 20】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構とを有する磁気ディスク装置において、

前記、磁気ディスク装置内部の温度を検知する温度検知手段と、前記温度検知手段による温度検知結果をもとに前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダの浮上量を変更する浮上量制御手段とを具備することを特徴とする磁気ディスク装置

【請求項 21】 前記浮上量制御手段は、室温より温度が低い場合に、前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダの浮上量を減少するように、当該浮上量を変更することを特徴とする請求項 20 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 22】 前記浮上量制御手段は、室温より温度が高い場合に、前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダの浮上量を増加するように、当該浮上量を変更することを特徴とする請求項 20 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 23】 前記浮上量制御手段は、室温より温度が低い場合に、前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダの浮上量を減少するように、室温より温度が高い場合に、前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダの浮上量を増加するように、当該空隙量を変更することを特徴とする請求項 20 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 24】 室温状態（25℃）での浮上量に対して、所望の温度範囲において、温度変動による平均浮上量変化率が、0.15%/℃～0.45%/℃の範囲にあることを特徴とする、請求項 20 から請求項 23 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 25】 情報の記録再生を行う磁気記録再生素子を搭載した磁気ヘッドスライダと、

前記磁気ヘッドスライダを接着し支持する薄板状の板ばね、配線構造体、およびロードビームを有するサスペンションと、

情報を保持する磁気ディスクと、

前記磁気ディスクの回転駆動手段と、

前記磁気ヘッドスライダおよび前記サスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリを、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構とを有する磁気ディスク装置において、

前記磁気ディスク装置内部の温度を検知する温度検知手段と、

前記温度検知手段による温度検知結果をもとに前記磁気ヘッドスライダのクラウン量を変更するクラウン量制御手段とを具備することを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項 26】 所望の温度範囲において、温度変動によるクラウン量の変化率が、 $0.26 \sim 0.62 \text{ nm/}^\circ\text{C}$ の範囲にあることを特徴とする、請求項 25 に記載の磁気ディスク装置。

【請求項 27】 室温状態 (25°C) での浮上量に対して、所望の温度範囲において、温度変動による平均浮上量変化率が、 $0.15\% / ^\circ\text{C} \sim 0.45\% / ^\circ\text{C}$ の範囲にあることを特徴とする、請求項 25 から請求項 26 に記載の磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気ディスクを回転させながら、先端に磁気ヘッドアセンブリを備えたアクチュエータ機構を動作させて磁気ディスクに対する磁気ヘッドスライダの位置を移動させて、磁気ヘッドスライダ上の磁気記録再生素子により磁気ディスクへの書き込みおよび読み出しを行う磁気ディスク装置及び、同装置に用いられる磁気ヘッドスライダとサスペンションからなる磁気ヘッドアセンブリに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般に磁気ディスク装置は図 16 のように、アルミ合金等の金属製の筐体 17 中に、磁気ヘッドスライダ 1 とサスペンションから構成される磁気ヘッドアセンブリ 3 と、磁気ディスク 2 と、スピンドルモータなどの磁気ディスク回転駆動手段 16 と、磁気ヘッドアセンブリ 3 を磁気ディスク 2 の情報記録面に沿って移送する、アクチュエータ機構 13 (ベアリング 14 とボイスコイルモータを含む) が設けられた構成となっている。

【0003】

図 17 は、磁気ヘッドアセンブリ 3 を磁気ディスク側から見た詳細図であり、

図18は、図17の磁気ヘッドアセンブリ3の分解斜視図である。図17～図18において、サスペンション4は、磁気ヘッドスライダ1を先端部近傍で担持した薄板状の板ばね9および配線構造体8を備えたフレクシャ5と、磁気ディスク2に沿う方向に設けられたフレクシャ5の先端部をディンプル12で支持するロードビーム10とを有している。

【0004】

磁気ヘッドスライダ1は磁気記録媒体への記録・再生を行う磁気記録再生素子を有し、磁気ディスク2の回転により発生する空気流により磁気ディスク2に対して極微小量浮上する。このとき、磁気ヘッドスライダ1は磁気ディスク2対向面上に正圧発生部と、負圧発生部を有し、サスペンション4からの静荷重と磁気ヘッドスライダ1が発生する正圧と負圧のバランスにより、温度・圧力一定下で磁気ディスク2前面に渡る浮上プロファイルが一定となるように設計されている。

【0005】

磁気ディスク装置は装置および磁気記録再生の信頼性の観点から、従来、その使用温度範囲が、例えば5℃～55℃程度に限られており、磁気ディスク装置を使用する側に、その使用環境について注意を払ってもらう形で正常な動作が保証されている。

【0006】

さらに詳しく、カーナビゲーションシステム等に搭載されている磁気ディスク装置を例に挙げて説明すると、カーナビゲーション中で磁気ディスク装置は、電動ファンの直後に配置する等により、磁気ディスク装置の保証温度範囲を超えて高温な状況では、電動ファンにより空冷を施し、また、異常にカーナビゲーション内の温度が上昇した場合は、磁気ディスク装置およびカーナビゲーションシステムの動作を終了させることにより、磁気ディスク装置内の情報の損失を回避するようになっている。逆に、保証範囲を超えて低温な状況では、磁気ディスク2の保磁力が強くなり、情報読み出しには問題ないものの、記録できない問題が生じ、車両本体のヒータにより磁気ディスク装置内の温度が一定温度以上にあがるまで、書き込み動作を禁止するなどの対策がなされている。（例えば、非特許文

献1参照。)

磁気ディスク装置の使用温度範囲が、概略5℃～55℃程度に限定されている理由として、前述のように、情報を記録保持する磁気ディスク2の保磁力が、温度依存性を持つことが挙げられる(例えば、非特許文献2参照。)。現在の磁気ディスク装置の記録密度は、50ギガビット/平方インチに達し、記録密度の増加は年率100%とも言われており、記録密度の増加にともない、この小さい記録領域で安定して記録情報を保持するために、磁気ディスク2の保磁力を高くする方向で、磁気ディスク装置の最適化がなされてきた。図19に、磁気ディスク2の保磁力の温度依存性の一例を示す。図の例では、室温(25℃)から-25度の低温状態にすることにより、保磁力が約9%増加し、室温(25℃)から+75度の高温状態にすることにより、保磁力が約10%減少している。-25度から+75度の温度域で保磁力が約19%、-50度から+100度の温度域で保磁力が約29%変動する。そのため、室温状態で、適当なオーバーライト特性に最適化した磁気ヘッドスライダ1を用いて、低温状態で記録を行うと、磁気ヘッドスライダ1からの漏れ磁界では十分な書き込みを行えない、逆に高温状態で記録を行おうとすると、磁気ヘッドスライダ1からの漏れ磁界が、磁気ディスク2の保磁力に対して、相対的に大きくなりすぎ、磁気ヘッドスライダ1による被記録領域が室温時の被記録領域より大きくなり、隣接した部分の記録情報を上書きしてしまう等の問題が発生する。そのため、現状では、磁気ディスク装置の動作範囲は、概略5℃～55℃程度に限定されている。

【0007】

ところで、磁気ディスク装置内の温度変動は、磁気ヘッドスライダ1の浮上特性にも影響を与える。磁気ヘッドスライダ1の代表的な形状を図20に示す。磁気ヘッドスライダ1は前方部に空気の流入端18、後方部に空気の流出端19を備え、磁気ヘッドスライダ1と磁気ディスク2の微小隙間に流れ込む空気流を利用して空気軸受け面を形成する。具体的には、流入端18近傍や、レール22およびパッド23と呼ばれている、磁気ヘッドスライダ1の磁気ディスク2に対する対向面の最も突出した部分の前方に階段状のステップ21を有し、流入端18から流入する空気を圧縮することにより、レール22およびパッド23と呼ばれ

る部分で正圧を発生し、キャビティ 24 と通常呼ばれる凹部で負圧を発生するよう構成されている。さらには、磁気記録再生素子 20 は流出端 19 近傍に設置されている。

【0008】

また、磁気ヘッドスライダ 1 はクラウンと呼ばれる、曲面形状を有しており、このクラウン形状は、磁気ヘッドスライダ 1 の材料と磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9 との熱膨張係数の相違により、温度に応じて変形する。通常、このクラウン形状は、低温では、凸部が張り出す、いわゆるクラウンがプラス方向に変形し、高温では、凸部が減少する、いわゆるクラウンがマイナス方向へ変化する（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0009】

このクラウン変化が浮上に与える影響は、実際の浮上測定もしくは、数値解析により求めることが可能であるが、クラウンがプラスへ変化することにより、浮上が高くなり、クラウンがマイナスへ変化することにより浮上が減少することが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【0010】

現在、高記録密度を達成するため、磁気ヘッドスライダ 1 と磁気ディスク 2 の空隙量、いわゆる、磁気ディスク 2 に対する磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量は、15 nm 程度まで低下してきており、温度変動によるクラウン変化により引き起こされる浮上変化が、磁気ヘッドスライダ 1 と磁気ディスク 2 の接触を招く一つの要因となっている。この温度による浮上変化を減少する技術として、温度によるクラウン量の変化を安定させるための温度補正用部材を用いる技術が開示されている（例えば、特許文献 2 参照。）。また、磁気ヘッドスライダ 1 を接着する薄板状の板ばね 9 と磁気ヘッドスライダ 1 の間の熱膨張係数差を利用して温度によるクラウン量の変化を安定させる技術も開示されている（例えば、特許文献 3、4、5 参照。）。これらの技術を用いることにより、温度変動による磁気ヘッドスライダ 1 のクラウン量の変動を抑えることが可能となる。

【0011】

温度変動による磁気ディスク 2 の保磁力の変動により生じる磁気記録再生の

信頼性の問題、温度変動による磁気ヘッドスライダ1の浮上量の変動による磁気ディスク装置の信頼性の問題を解決する従来技術として、磁気ディスク装置に温度センサと、ヒータ、ペルチェ素子等を備えて、外部温度に応じて、加熱、冷却するとともに、二重構造の外殻を備えて、内部の環境を外部環境と独立させる技術が公開されている（例えば、特許文献6参照。）。この従来技術を用いることにより、内部の環境を全く外部環境と独立させて制御することが可能となり、より広範な外部環境下で、信頼性を損なうことなく磁気ディスク装置を使うことが可能となる。

【0012】

【非特許文献1】

滝沢政彦、他1名、“HDDのナビへの応用”、平成14年、パイオニア技術情報誌 2002 Vol12 No. 1、[online]、[平成14年10月1日検索]、インターネット<<http://www.pioneer.co.jp/crdl/rd/pdf/12-1-3.pdf>>

【非特許文献2】

Tao Pan, Geoffrey W. D. Spratt, Li Tang, Li-Lien Lee, Yongchang Feng, and David E. Laughlin. “Temperature dependence of coercivity in Co-based longitudinal thin-film recording media”: J. Appl. Phys. 81 (8), 15 April 1997, P3952-3954、[online]、[平成14年10月1日検索]、インターネット<<http://neon.mems.cmu.edu/laughlin/pdf/201.pdf>>

【特許文献1】

特開平9-231698号公報（第9頁、図11、図12）

【特許文献2】

特開平7-153049号公報

【特許文献3】

特開平 7-320435 号公報

【特許文献 4】

特開平 7-65525 号公報

【特許文献 5】

特開平 7-307068 号公報

【特許文献 6】

特開 2002-245749 号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

これまで、磁気ディスク装置は主に室内で用いられることが多く、磁気ディスク装置の動作保証温度範囲が、5℃～55℃であっても大きな障害とならなかった。現在すでに、磁気ディスク装置をカーナビゲーションシステムに搭載するなどの、従来とは違った用途が生まれてきており、今後、磁気ディスク装置をより厳しい環境下で用いる用途が増えてくると考えられる。例えば-20度を下回る極低温や、70度を上回るような高温環境では、従来の磁気ディスク装置は、磁気ディスク 2 の保磁力の温度依存性という磁気記録に関する信頼性の問題と、磁気ヘッドスライダの浮上の安定性という磁気ディスク装置の信頼性の問題があった。

【0014】

磁気ディスク装置を装置外の環境変化に対して独立させ、温度センサと加熱・冷却機構を用いてコントロールし、広い外部環境変化に対応させるという技術も開示されているが、この構成では、これらの付加的な部材が必要になるだけでなく、温度をコントロールし磁気ディスク装置内部の温度を動作可能範囲内にコントロールするために磁気ディスク起動時に時間的な遅れを生じるといった問題がある。また、外部環境と内部環境を独立させるために二重構造の外殻を備えた場合においては、磁気ディスク装置そのものの、サイズ・重量が増加し、携帯性を重視するような用途には向かないという問題がある。

【0015】

浮上の安定性の観点に関しては、温度によるクラウン量の変化を低減し温度変動による磁気ヘッドスライダ 1 の浮上の変化を抑える技術が開示されているが、現在の負圧を利用した磁気ヘッドスライダ 1 では、温度に対してクラウン量の変化を低減した場合、磁気ディスク 2 全面にわたる浮上の安定性を均一にできないことが、発明者による修正レイノルズ方程式を用いた磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量の解析で明らかになった。図 21 に、クラウン量が変わらない場合の、温度変動に対する磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量の解析結果を示す。横軸は、磁気ヘッドスライダ 1 の磁気ディスク 2 に対する半径方向の位置、縦軸は、25℃の磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量で規格化した規格化浮上量を示す。高温では、磁気ヘッドスライダ 1 が磁気ディスク 2 の外周にあるときに浮上が高くなり、低温では、磁気ヘッドスライダ 1 が磁気ディスク 2 の内周にあるときに浮上が高くなる。外周側で温度による浮上の変化が最も大きく、10%の浮上量の変動があり、さらには、低温時、高温時では、内周から外周にかけて浮上量が約 8%変動している。内周から外周にかけてのこの大きな浮上量の変化は、磁気記録再生の信頼性と効率の観点からも、磁気ディスク装置の信頼性の観点からも望ましくない。より詳しく説明すると、内周から外周にかけて大きく浮上量が変動すると、浮上による磁気記録再生のスペーシング・ロス・ファクタを内外周で均一化できず、内周もしくは外周の浮上量が大きくなる位置で磁気記録再生の効率が悪化する。磁気記録再生の信頼性の観点から説明を行うと、例えば、高温状態で、磁気ディスク 2 の保磁力が低下している状態で、さらに内周側で浮上が低下すると、書き込み磁界が強すぎるなどの問題も生じかねない。また、磁気ディスク装置の信頼性の観点からは、低温では外周で浮上が低下し、高温では内周で浮上が低下するため、磁気ヘッドスライダ 1 と磁気ディスク 2 の接触に関して、低温・高温の両方で懸念が生じ、磁気ディスク装置の信頼性に対する最適化を低温、高温の両方で行う必要があり、磁気ディスク装置の最適化が困難となる。

【0016】

本発明は、このような不都合に鑑みて創案されたものであって、温度変動による磁気ヘッドスライダ 1 の内外周での浮上変化差を低減するとともに、

外殻や加熱・冷却機構の付加的部材を用いず、さらに、磁気ディスク装置起動

時の温度コントロールに要する遅延を起こさず、従来と比べ広範囲な環境条件下での動作が可能な磁気ディスク装置、およびこの磁気ディスク装置に用いられる磁気ヘッドアセンブリ 3 を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】

前記従来の課題を解決するために、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9、配線構造体 8、およびロードビーム 10 を有するサスペンション 4 と、情報を保持する磁気ディスク 2 と、前記磁気ディスク 2 の回転駆動手段 16 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 および前記サスペンション 4 からなる磁気ヘッドアセンブリ 3 を、前記磁気ディスク 2 の情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構 13 とを有する磁気ディスク装置において、前記磁気ディスク装置内の温度に応じて、前記磁気ディスク 2 に対する前記磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量を変化させる手段を有し、特に、室温（25℃）より低温時に、室温での浮上量より浮上量を減少させ、室温より高温時に、室温での浮上量より浮上量を増加させる手段を具備することを特徴としたものである。

【0018】

また、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9、配線構造体 8、およびロードビーム 10 を有するサスペンション 4 と、情報を保持する磁気ディスク 2 と、前記磁気ディスク 2 の回転駆動手段 16 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 および前記サスペンション 4 からなる磁気ヘッドアセンブリ 3 を、前記磁気ディスク 2 の情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構 13 とを有する磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドアセンブリ 3 内に温度変動により応力を発生させる構造を備え、室温（25℃）より低温時に、前記磁気ヘッドスライダ 1 のクラウン量を小さく、室温より高温時に、前記磁気ヘッドスライダ 1 のクラウン量を大きくすることを特徴としたものである。

【0019】

また、本発明の磁気ヘッドアセンブリ 3 は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9 と、配線構造体 8 と、ロードビーム 10 とを有する磁気ヘッドアセンブリ 3 において、前記板ばね 9 の熱膨張係数 α_1 、前記磁気ヘッドスライダ 1 の熱膨張係数 α_2 として、

$$-13.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C} < \alpha_1 - \alpha_2 < -5.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

の関係を満足することを特徴としたものである。

また、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9、配線構造体 8、およびロードビーム 10 を有するサスペンション 4 と、情報を保持する磁気ディスク 2 と、前記磁気ディスク 2 の回転駆動手段 16 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 および前記サスペンション 4 からなる磁気ヘッドアセンブリ 3 を、前記磁気ディスク 2 の情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構 13 とを有する磁気ディスク装置において、前記板ばね 9 の熱膨張係数 α_1 、前記磁気ヘッドスライダの熱膨張係数 α_2 として、

$$-13.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C} < \alpha_1 - \alpha_2 < -5.5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

の関係を満足することを特徴としたものである。

【0020】

また、本発明の磁気ヘッドアセンブリ 3 は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9 と、配線構造体 8 と、ロードビーム 10 とを有する磁気ヘッドアセンブリ 3 において、前記磁気ヘッドスライダ 1 の磁気ディスク 2 に対する摺動面の裏面に、前記磁気ヘッドスライダ 1 を構成する材料より熱膨張係数の小さい薄膜 7 を形成していることを特徴としたものである。

【0021】

また、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 の磁気ディスク 2 に対する摺動面の裏面に形成された薄膜 7 と、前記磁気ヘッドスライダ

1の裏面を薄膜7を介し接着支持する薄板状の板ばね9、配線構造体8、およびロードビーム10を有するサスペンション4と、情報を保持する磁気ディスク2と、前記磁気ディスク2の回転駆動手段16と、前記磁気ヘッドスライダ1および前記サスペンション4からなる磁気ヘッドアセンブリ3を、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構13とを有する磁気ディスク装置において、前記薄膜7の熱膨張係数が、前記磁気ヘッドスライダ1の熱膨張係数より小さいことを特徴としたものである。

【0022】

また、本発明の磁気ヘッドアセンブリ3は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子20を搭載した磁気ヘッドスライダ1と、前記磁気ヘッドスライダ1を接着し支持する薄板状の板ばね9と、配線構造体8と、ロードビーム10を有する磁気ヘッドアセンブリ3において、前記磁気ヘッドスライダ1を接着し支持する前記薄膜状の板ばね9が、二枚の熱膨張係数の異なる薄板からなるバイメタル構造で構成されることを特徴としたものである。

【0023】

また、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子20を搭載した磁気ヘッドスライダ1と、前記磁気ヘッドスライダ1を接着し支持する薄板状の板ばね9、配線構造体8、およびロードビーム10を有するサスペンション4と、情報を保持する磁気ディスク2と、前記磁気ディスク2の回転駆動手段16と、前記磁気ヘッドスライダ1および前記サスペンション4からなる磁気ヘッドアセンブリ3を、前記磁気ディスク2の情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構13とを有する磁気ディスク装置において、前記磁気ヘッドスライダ1を接着し支持する薄膜状の板ばね9が、二枚の熱膨張係数の異なる薄板からなるバイメタル構造で構成されることを特徴としたものである。

【0024】

また、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子20を搭載した磁気ヘッドスライダ1と、前記磁気ヘッドスライダ1を接着し支持する薄板状の板ばね9、配線構造体8、およびロードビーム10を有するサスペンション4と、情報を保持する磁気ディスク2と、前記磁気ディスク2の回

転駆動手段 16 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 および前記サスペンション 4 からなる磁気ヘッドアセンブリ 3 を、前記磁気ディスク 2 の情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構 13 とを有する磁気ディスク装置において、前記磁気ディスク装置内部の温度を検知する温度検知手段 32 と、前記温度検知手段による温度検知結果をもとに前記磁気ディスクに対する前記磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量を変更する浮上量制御手段とを具備することを特徴としたものである。

【0025】

また、本発明の磁気ディスク装置は、情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載した磁気ヘッドスライダ 1 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 を接着し支持する薄板状の板ばね 9、配線構造体 8、およびロードビーム 10 を有するサスペンション 4 と、情報を保持する磁気ディスク 2 と、前記磁気ディスク 2 の回転駆動手段 16 と、前記磁気ヘッドスライダ 1 および前記サスペンション 4 からなる磁気ヘッドアセンブリ 3 を、前記磁気ディスクの情報記録面に沿って移送するアクチュエータ機構 13 とを有する磁気ディスク装置において、前記磁気ディスク装置内部の温度を検知する温度検知手段 32 と、前記温度検知手段による温度検知結果をもとに前記磁気ヘッドスライダ 1 のクラウン量を変更するクラウン量制御手段とを具備することを特徴としたものである。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の磁気ヘッドアセンブリおよび磁気ディスク装置の実施の形態を図面とともに詳細に説明する。

【0027】

(実施の形態 1)

図 1 は、本発明の第 1 の実施例における磁気ヘッドアセンブリ 3 の構成図を示すものである。図 1 において、磁気ヘッドスライダ 1 はフレクシャの薄板状の板ばね 9 に接着されており、薄板状の板ばね 9 はディンプル 12 を介してロードビーム 10 と接している。磁気ヘッドスライダ 1 の外形は縦約 1.2 mm、横約 1.0 mm、高さ約 0.3 mm である。また、磁気ヘッドスライダ 1 の母材は、アルミナチタン酸カーバイドであり、アルミナチタン酸カーバイドの熱膨張係数は

、 $7.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。フレクシャの薄板状の板ばね9は、ニッケルおよび鉄からなる、36Ni-Fe合金を用いる。この合金の熱膨張係数は、 $1.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。

【0028】

以上のように構成された磁気ヘッドアセンブリ3について、以下、図2～図11を用いて、その動作と作用を説明する。

【0029】

図2に修正レイノルズ方程式を用いて解析した、この磁気ヘッドアセンブリ3の構成からなる磁気ヘッドスライダ1の浮上量を示す。ここで、浮上量とは、磁気ヘッドスライダ1の空気流出端19に設置されている磁気記録再生素子20と磁気ディスク2の間の物理的な空隙量を意味している。横軸は、磁気ヘッドスライダ1の磁気ディスク2に対する半径方向の位置、縦軸は、 25°C の磁気ヘッドスライダ1の浮上量で規格化した規格化浮上量を示す。

【0030】

図21の従来例と比較して、低温側では内周から外周に渡り均一に浮上が低下し、高温では、内周から外周に渡り均一に浮上が増加していることがわかる。低温で浮上を低下することにより、磁気ヘッドスライダ1から磁気ディスク2に働く実効記録磁界が大きくなり、低温で磁気ディスク2の保磁力が増加する効果を相殺することが可能となり、また、高温で浮上量を高くすることにより、磁気ディスク2の保磁力が減少する効果を相殺することが可能となり、より広範な温度環境条件下で、より安定した磁気記録が行える。

【0031】

また、従来例では、内周から外周にかけての浮上量の変化量が8%程度あったが、本発明の実施例1の磁気ヘッドアセンブリ3を用いた場合、磁気ヘッドスライダ1の内外周における浮上量の変化量は約4%と半減している。これは、内周から外周にかけての磁気記録再生におけるスペーシング・ロス・ファクタを均一化できることを意味しており、磁気ディスク装置の磁気記録再生の効率を向上させることができる。

【0032】

さらに、内周から外周の浮上量が均一であるため、磁気ヘッド1と磁気ディスク2の接触に関する最適化も、浮上量が低くなる低温時のみに注力することができ、磁気ディスク装置の信頼性を最適化する上でも有利となる。

【0033】

以下、本発明の第1の実施例を用いて、さらに詳細な説明を行う。

【0034】

磁気ヘッドスライダ1上の磁気記録再生素子20による書きこみの磁界強度と規格化浮上量の関係を図3に示す。浮上量は、磁気記録再生素子20の記録ポール間隔により規格化を行っている。

【0035】

この浮上量と規格化記録磁界の関係も用いて、 $-0.1\%/^{\circ}\text{C} \sim 0.5\%/^{\circ}\text{C}$ の平均浮上量変化率をもった磁気ヘッドスライダ1の規格化記録磁界（ 25°C の磁気ヘッドスライダ1の記録磁界での規格化）の温度依存性を求め、図4に示す。ここで、平均浮上量変化率とは、室温（ 25°C ）での浮上量に対して、 1°C あたりの浮上量変化量のパーセンテージを任意の温度範囲において平均化したものである。図4には、さらに、室温（ 25°C ）での磁気ディスク2の保磁力で規格化をおこなった、磁気ディスク2の規格化保磁力の温度依存性も示す。温度変動による磁気ディスク2の保磁力の変化を相殺するためには、規格化保磁力と規格化記録磁界が同一線上にあればよいことになるが、図4から、 $0.3\%/^{\circ}\text{C}$ の平均浮上量変化率をもつ磁気ヘッドスライダ1が最適であることがわかる。

【0036】

ところで、磁気ヘッドスライダ1の規格化記録磁界と磁気ディスク2の規格化保磁力の差を、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率と定義した場合、一般的な磁気ディスク装置において、 $5^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ の保証温度域では、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率として、 $\pm 6\%$ まで、許容している。したがって、以下、任意の温度域での磁気ディスク装置の磁気記録に関する信頼性を議論する上で、この保磁力に対する記録磁界強度の乖離率 $\pm 6\%$ を評価指針とする。

【0037】

次に、浮上量変化率と保磁力に対する記録磁界強度の乖離率の関係を図5に示

す。0.15%/℃～0.45%/℃の浮上量変化率の範囲内で、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率が±6%以下となっており、浮上量変化率を0.15%/℃～0.45%/℃の範囲に設計することにより、従来に比して広範な温度域（この例では、-25℃～75℃）で、高い信頼性で磁気記録が可能となる。

【0038】

浮上量変化率が0.15%/℃～0.45%/℃に入らない場合には、浮上量変化率が0.15%/℃以下では、高温75℃以上で記録磁界強度が磁気ディスクの保磁力に対して相対的に強くなりすぎ、隣接トラックに影響がでるようになり、さらに、0.1%/℃以下では、高温に加えて、低温-25℃以下で、磁気ヘッドスライダからの書き込み磁界では十分な書き込みが行えないという問題が生じるようになる。反対に浮上量変化率が0.45%/℃以上の場合は、低温で記録磁界強度が磁気ディスクの保磁力に対して相対的に強くなりすぎ、隣接トラックに影響がでるようになる。

【0039】

なお、本発明の第1の実施例では、-25℃～75℃での磁気ディスク装置の使用を前提に有効な浮上量変化率を求めたが、磁気ディスク装置の使用温度条件に合わせて、有効な浮上量変化率を同様な方法で求めることができるのは言うまでもなく、原理的には、どのような使用温度条件でも、低温で浮上を低下させ、高温で浮上を増加させる方向で最適化を行うことにより、低温から高温に渡り、高い信頼性での磁気記録が可能となる。

【0040】

本発明の第1の実施例では、フレクシャ5の板ばね9に磁気ヘッドスライダ1より熱膨張係数の低い36Ni-Fe合金を用いることにより、磁気ヘッドスライダ1と板ばね9との間の熱膨張係数の差を利用して、クラウン量を温度により変化させ、温度変動に対して浮上量をコントロールすることを意図しているわけであるが、次に、クラウン変化量と、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率との間の解析結果を、図6、図7に示す。各温度および、その温度におけるクラウン量を勘案し、修正レイノルズ方程式を用いて浮上量を解析した後、浮上量と規格化磁界強度の関係から記録磁界強度を求めた。

【0041】

図6は、 $0.0 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 、 $0.4 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 、 $0.8 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ のクラウン量変化率における、規格化記録磁界の温度依存性と、規格化保磁力の温度依存性を示したものである。図から、 $0.4 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ のクラウン量変化率で、最も規格化保磁力の温度依存性と一致し、温度変動による保磁力の変動を相殺可能であることがわかる。図7は、クラウン量変化率と、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率を示している。図7より $0.26 \text{ nm}/^{\circ}\text{C} \sim 0.62 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ のクラウン変化量にあるときに、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率が $\pm 6\%$ 以下となっており、クラウン量変化率を $0.26 \text{ nm}/^{\circ}\text{C} \sim 0.62 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ の範囲に設計することにより、従来に比して広範な温度域（この例では、 $-25^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ ）で、高い信頼性で磁気記録が可能となる。クラウン量変化率が $0.26 \text{ nm}/^{\circ}\text{C} \sim 0.62 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ に入らない場合には、 $0.26 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 以下で、低温 -25°C 以下で、磁気ヘッドスライダからの書き込み磁界では十分な書き込みが行えないという問題が生じるようになり、 $0.62 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ 以上の場合で、高温 75°C 以上で記録磁界強度が磁気ディスクの保磁力に対して相対的に強くなりすぎ、隣接トラックに影響がでるようになる。

【0042】

クラウン量変化率に関しても、浮上量変化率の場合と同様に、磁気ディスク装置の使用温度条件に合わせて、有効なクラウン量変化率を同様な方法で求めることができるのは言うまでもなく、原理的には、どのような使用温度条件でも、低温で低クラウンにすることにより、浮上を低下させ、高温で高クラウンにすることにより、浮上を増加させる方向で最適化を行うことにより、低温から高温に渡り、高い信頼性での磁気記録が可能となる

次に、クラウン変化量と磁気ヘッドアセンブリ3の構成に関して考察をおこなう。まず図8を用いて、磁気ヘッドスライダ1と板ばね9の熱膨張係数の差により、温度変動によりクラウンがどのように変化するのかの説明を行う。

【0043】

温度 $T = T_0$ で、磁気ヘッドアセンブリ3の磁気ヘッドスライダ部の長さ l_0 、厚さ t_2 、熱膨張係数 α_2 、板ばね9の厚さ t_1 、熱膨張係数 α_1 とし、かつ

、 $\alpha_1 < \alpha_2$ とする (図 8 (a) を参照のこと)。

【0044】

この磁気ヘッドスライダ 1 を $T = T_1$ ($dT = T_1 - T_0 < 0$) の条件下において、磁気ヘッドスライダ 1 と、板ばね 9 の磁気ヘッドスライダ接触部をそれぞれ独立に考えると、それぞれ、

$$l_0 + l_0 \alpha_2 dT$$

$$l_0 + l_0 \alpha_1 dT$$

の長さとなる (図 8 (b1) を参照のこと)。しかしながら、実際は磁気ヘッドスライダ 1 と板ばね 9 は接着されており、連続体となるため、磁気ヘッドスライダ 1 内部には引っ張り応力が、板ばね内部には圧縮応力が発生し、図 8 (c1) のような負のクラウン量の変化が生じる。

【0045】

$T = T_2$ ($dT = T_2 - T_0 > 0$) の条件下では、反対に板ばね 9 の内部に引っ張り応力が、磁気ヘッドスライダ 1 の内部に圧縮応力が発生し、図 8 (c2) のように正のクラウン量の変化が生じる。本説明中では、 $T = T_0$ の状態でクラウン量が 0 の状態を図示しているが、これは説明の簡便化のためであって、本質的には、 $T = T_0$ の状態で、クラウンがどのような値であっても良い。

【0046】

次により詳細に、熱膨張係数とクラウン量の変化率の関係を図 8 の $T = T_1$ のケースを用いて考察する。温度 $T = T_1$ における各々独立状態での、磁気ヘッドスライダ 1 の変形量 λ_2 、板ばねの変形量を λ_1 とすると、

$$\lambda_2 = l_0 \alpha_2 dT$$

$$\lambda_1 = l_0 \alpha_1 dT$$

結合状態での結合面の長さを λ とし、内部の応力分布が垂直方向に対して次の関数と仮定すると、磁気ヘッドスライダ 1 内部と、板ばね 9 に働く力はそれぞれ、

$$P_2 = b \times t_2 \times (\lambda_2 - \lambda) \times E_2 \quad / \quad (2 \cdot l_0)$$

$$P_1 = b \times t_1 \times (\lambda_1 - \lambda) \times E_1 \quad / \quad (2 \cdot l_0)$$

であり、連続の条件から $P_1 + P_2 = 0$ となる。

【0047】

(ここで、 b は接触面積であり、 E_1 、 E_2 はそれぞれ磁気ヘッドスライダ1と板ばね9のヤング率である。) 上記式を整理すると以下の関係式が得られる。

【0048】

$$\lambda = (t_1 \times E_1 \times \lambda_1 + t_2 \times E_2 \times \lambda_2) / (t_1 \times E_1 + t_2 \times E_2)$$

式(1)

磁気ヘッドスライダ1の厚さに対して板ばね9の厚さは十分小さいため、近似的に、磁気ヘッドスライダ1と接続面の長さは $l_0 - \lambda_2$ となる。

【0049】

ここで、クラウン量を h 、クラウンの曲率半径を r とすると、

$$(r - t_2) : r = l_0 - \lambda : l_0 - \lambda_2$$

$$r : (1/2)(l_0 - \lambda_2) = (1/2)(l_0 - \lambda_2) : h$$

となり、クラウン量に関して以下の関係式が求まる。

【0050】

$$h = (\lambda - \lambda_2)(l_0 - \lambda_2) / (4 \cdot t_2)$$

式(2)

式(1)と式(2)の関係に以下の値を代入し、熱膨張係数差とクラウン量変化率の関係を求めたものを、図9に示す。

【0051】

$$\alpha_2 = 7.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

$$E_1 = 14000 \text{ Kg f/mm}^2$$

$$E_2 = 40000 \text{ Kg f/mm}^2$$

$$l_0 = 1.2 \text{ mm}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C}$$

$$T_1 = -25^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 0.035 \text{ mm}$$

$$t_2 = 0.3 \text{ mm}$$

熱膨張係数差が $-0.55 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim -1.52 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ にある

ときに、クラウンの温度に対する変動量が $0.26 \text{ nm}/^{\circ}\text{C} \sim 0.62 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ となる。したがって、磁気ヘッドスライダ1がアルミナチタン酸カーバイトからなる場合は、板ばね9として $0.23 \times 10^{-6} \sim -0.74 \times 10^{-6}$ の材料を用いることにより、従来に比して広範な温度域（この例では、 $-25^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ ）で、磁気ヘッドスライダ1の浮上量を適切に温度に対してコントロールでき、磁気ディスク2の保磁力の温度依存性を相殺することが可能となり、高い信頼性で磁気記録が可能となる。

【0052】

図10、図11に本発明の第1の実施例として板ばね9に 1.2×10^{-6} の熱膨張係数を持つ、インバー合金（ $36\text{Ni}-\text{Fe}$ ）を用いた場合の詳細な解析結果を示す。図10は、各温度に対する、クラウン・浮上量の変動量を図8と同様な解析と、修正レイノルズ方程式の解析によりそれぞれ求めた結果である。図11は、各温度の浮上量解析結果から、規格化磁気記録磁界を算出し、磁気ディスク2の規格化保磁力と共に図示した物である、この実施例1では、 $-50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において、保磁力に対する記録磁界強度の乖離率が $\pm 6\%$ 以下となり、磁気ディスク2の保磁力の変動を相殺する事が可能であり、高い信頼性で磁気記録が可能となる。

【0053】

以上のように、本発明の第1の実施例においては、板ばね9として、磁気ヘッドスライダ1より熱膨張係数が小さく、熱膨張係数差が $-0.55 \times 10^{-6} \sim -1.52 \times 10^{-6}$ となるような材料を用いる事により、従来に比して広い温度範囲で、磁気記録の信頼性を損なうことなく、記録を行うことが可能となる。

【0054】

（実施の形態2）

図12は、本発明の第2の実施例における磁気ヘッドアセンブリ3の構成図を示すものである。図12において、磁気ヘッドスライダ1の磁気ディスク2に対する摺動面の裏面に、薄膜7を形成し、この薄膜7を介して、磁気ヘッドスライダ1はフレクシャの薄板状の板ばね9に接着されている。板ばね9はディンプル12を介してロードビーム10と接している。磁気ヘッドスライダ1の外形は縦

約 1.2 mm、横約 1.0 mm、高さ約 0.3 mm である。また、磁気ヘッドスライダ 1 の母材は、アルミナチタン酸カーバイドであり、薄膜 7 は、ニッケルおよび鉄からなる、36Ni-Fe 合金を用いる。アルミナチタン酸カーバイドの熱膨張係数は、 $7.8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ であり、36Ni-Fe 合金の熱膨張係数は、 $1.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ である。

【0055】

この薄膜 7 の膜厚 t 、熱膨張係数 α_1 、磁気ヘッドスライダ 1 の熱膨張係数 α_2 としたときの、クラウン量変化率と薄膜 7 の膜厚の関係を図 13 に示す。横軸は、磁気ヘッドスライダ 1 の膜厚に対する薄膜 7 の膜厚 t のパーセンテージを、縦軸には、クラウン量変化率を図示している。この解析は、図 8 を用いて説明を行った実施の形態 1 の場合と同じ解析方法を用いており、計算に用いたパラメータも実施の形態 1 と同じ値を用いている。

【0056】

薄膜 7 の膜厚が磁気ヘッドスライダ 1 の膜厚に対して、10%～50%にあるとき、 $(\alpha_1 - \alpha_2) \times t$ が、 $-2.20 \times 10^{-7} \text{ mm}/^\circ\text{C} \sim -4.60 \times 10^{-7} \text{ mm}/^\circ\text{C}$ にあれば、クラウン量変化率が、 $0.26 \text{ nm}/^\circ\text{C} \sim 0.62 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ となる。したがって、 $-2.0 \times 10^{-7} \text{ mm}/^\circ\text{C} > (\alpha_1 - \alpha_2) \times t_1 > -4.6 \times 10^{-7} \text{ mm}/^\circ\text{C}$ になるように、薄膜の材料と厚さを設計することにより、従来に比して広範な温度域（この例では、 $-25^\circ\text{C} \sim 75^\circ\text{C}$ ）で、磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量を適切に温度に対してコントロールでき、磁気ディスク 2 の保磁力の温度依存性を相殺することが可能となり、高い信頼性で磁気記録が可能となる。

【0057】

なお、第 1 の実施例では、磁気ヘッドスライダ 1 と板ばね 9 の熱膨張係数の差を利用して、温度変動に対してクラウン量を変化させる構成を用い、第 2 の実施例では、磁気ヘッドスライダ 1 と磁気ヘッドスライダ 1 の裏面に構成した薄膜 7 の熱膨張係数と、膜厚を利用してクラウン量を変化させる構成を用いたが、本発明はこれらの構成に限定されるものではなく、磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量を温度に対し、低温で低浮上に、高温で高浮上に制御することにより、温度変動に

よる磁気ディスク 2 の保磁力変動を相殺することにより、従来に比して広範な温度域で安定した磁気記録を行うことにある。したがって、例えば、図 14 に示すように、バイメタル構造の板ばね 6 を用いる事により、本実施例 1、2 と同様に、 $0.26 \sim 0.62 \text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ のクラウン変化量を持つ、磁気ヘッドアセンブリ 3 を構成することも可能であり、また、クラウン量だけでなく、板ばね 9 から磁気ヘッドスライダ 1 にかかる静荷重を温度により変化させる方法などによっても、温度変動に対する浮上量の変化率を $0.15\% / ^{\circ}\text{C} \sim 0.45\% / ^{\circ}\text{C}$ の範囲にすることが可能である。

【0058】

(実施の形態 3)

図 15、本発明の第 3 実施例における磁気ディスク装置の概略構成を示すブロック図である。

【0059】

同図において磁気ヘッドアセンブリ 3 は情報の記録再生を行う磁気記録再生素子 20 を搭載する磁気ヘッドスライダと、板ばね・配線構造体・ロードビームを有するサスペンションと、浮上量制御手段として機能する圧電素子 31 から構成されている。記録再生回路部 42 は、記録信号の生成、プリアンプ 43 を通して増幅された再生信号からの再生情報の生成、および、記録再生信号の変調／復調を行う回路から構成されており、アクチュエータ機構 13 は、磁気ヘッドアセンブリ 3 を支持したアームと、このアームをベアリング 14 を中心に一定角度範囲で回転させる駆動機構、いわゆるボイスコイルモータ 15 とを有している。38 はアクチュエータ機構 13 を駆動するボイスコイルモータ駆動回路であり、後述する CPU 33 からの制御信号に基づき、磁気ヘッドスライダ上の磁気記録再生素子 20 を目的トラック上に位置整合させるべくボイスコイルモータに所要の電流を供給する。

【0060】

CPU 33 は、サーボデータ検出回路 41 より入手したサーボデータ、および HDC 34 を介してホスト 37 より入力された記録／再生のアドレス情報を含むコマンドをもとに位置決め制御を行う。また、CPU 33 は、温度センサ 32 で

検知された温度検知情報を増幅回路 44 および A/D 変換機 45 を通して取りこみ、その温度に対して書き込みが可能な浮上量を算出、もしくは、ROM 35 内にあらかじめ記憶しておいたテーブルに基づいて決定し、クラウン量を変化させることにより浮上量の調整を行う。具体的には、CPU 33 が算出、もしくは、ROM 35 内にあらかじめ記憶しておいたテーブルに基づいて、目標クラウン値をクラウン量制御回路 40 に対して入力し、クラウン量制御回路 40 が圧電素子 31 に制御電圧を印可して磁気ヘッドスライダのクラウン量を最適に制御する。

【0061】

所望の温度環境条件に対する必要な浮上量変化率、すなわち、ここでは、クラウン量変化率は、本発明の実施の形態 1 と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0062】

このように、本実施の形態 3 においては、温度センサ 32 により測定した、温度情報からアクティブにクラウン量を制御することにより、磁気ヘッドスライダの浮上量の調整を行い、磁気ディスク 2 の保磁力の温度依存性を相殺することにより、高い信頼性で磁気記録を可能とする。

【0063】

なお、実施の形態 3 では、クラウン量制御回路により、磁気ヘッドのクラウン量を制御することにより、目的浮上量を得る構成をとったが、磁気ヘッドスライダに加える静荷重を制御するなどの方法によっても、目的浮上量を得ることは可能であり、温度検知手段による温度検知結果をもとに、低温では低浮上に、高温では、高浮上になるように、浮上量制御手段を用いて浮上量を制御することにより、同様な効果が得られる。

【0064】

【発明の効果】 以上のように、本発明の磁気ディスク装置および磁気ヘッドアセンブリによれば、従来と比べ広範囲な温度環境条件下で、安定した磁気記録・再生が可能となり、従来、磁気ディスク装置の使用が困難であった環境下でも使用できる磁気ディスク装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態 1 における磁気ヘッドアセンブリの断面図

【図 2】

本発明の実施の形態 1 による磁気ヘッドスライダの温度と浮上特性の関係を示す図

【図 3】

磁気ヘッドスライダの規格化記録磁界強度と規格化浮上量の関係を示す図

【図 4】

磁気ディスクの規格化保磁力と温度の関係、および、 $-0.1\%/^{\circ}\text{C} \sim 0.5\%/^{\circ}\text{C}$ の平均浮上量変化率を持つ磁気ヘッドスライダの温度に対する規格化記録磁界を示す図

【図 5】

平均浮上量変化率に対する、保磁力と記録磁界強度の乖離率を示す図

【図 6】

磁気ディスクの規格化保磁力と温度の関係、および、 $0.0\text{ nm}/^{\circ}\text{C} \sim 0.8\text{ nm}/^{\circ}\text{C}$ のクラウン量変化率を持つ磁気ヘッドスライダの温度に対する規格化記録磁界を示す図

【図 7】

クラウン量変化率に対する、保磁力と記録磁界強度の乖離率を示す図

【図 8】

温度変動に伴うクラウン量変化を説明する図

【図 9】

クラウン量変化率と、磁気ヘッドスライダ板ばね間の熱膨張係数差の関係の図

【図 10】

本発明の実施の形態 1 における温度に対するクラウン量および規格化浮上量を示す図

【図 11】

本発明の実施の形態 1 における温度に対する磁気ディスクの規格化保磁力およ

び磁気ヘッドスライダの規格化記録磁界を示す図

【図 12】

本発明の実施の形態 2 における磁気ヘッドアセンブリの断面図

【図 13】

本発明の実施の形態 2 を説明する、スライダ膜厚に対する薄膜の膜厚とクラウン量の関係を示す図

【図 14】

板ばねとしてバイメタルを用いた磁気ヘッドアセンブリの断面図

【図 15】

本発明の実施の形態 3 おける磁気ディスク装置の概略構成を示すブロック図

【図 16】

一般的な磁気ディスク装置の概略構造を示す図

【図 17】

一般的な磁気ヘッドアセンブリの詳細図

【図 18】

一般的な磁気ヘッドアセンブリの分解斜視図

【図 19】

磁気ディスクの温度と保磁力の関係を示す図

【図 20】

一般的な磁気ヘッドスライダの形状・構成およびクラウンの形状を示す図

【図 21】

クラウンが温度に対して変化しない場合の温度変動と規格化浮上量の関係を示す図

【符号の説明】

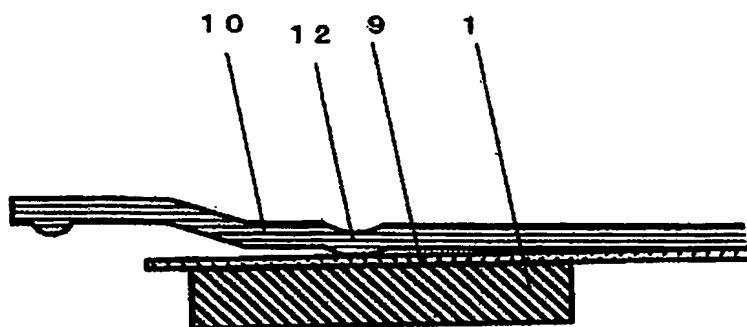
- 1 磁気ヘッドスライダ
- 2 磁気ディスク
- 3 磁気ヘッドアセンブリ
- 4 サスペンション
- 5 フレクシャ

- 6 バイメタル構造の板ばね
- 7 薄膜
- 8 配線構造体部
- 9 板ばね
- 10 ロードビーム
- 11 配線
- 12 ディンプル
- 13 アクチュエータ機構
- 14 ベアリング
- 15 ボイスコイルモータ
- 16 回転駆動手段
- 17 筐体
- 18 流入端
- 19 流出端
- 20 磁気記録再生素子
- 21 ステップ
- 22 レール
- 23 パッド
- 24 キャビティ
- 31 圧電素子
- 32 温度検知手段
- 33 CPU
- 34 HDC
- 35 ROM
- 36 RAM
- 37 ホスト
- 38 ボイスコイルモータ駆動回路
- 39 スピンドルモータ駆動回路
- 40 クラウン量制御回路

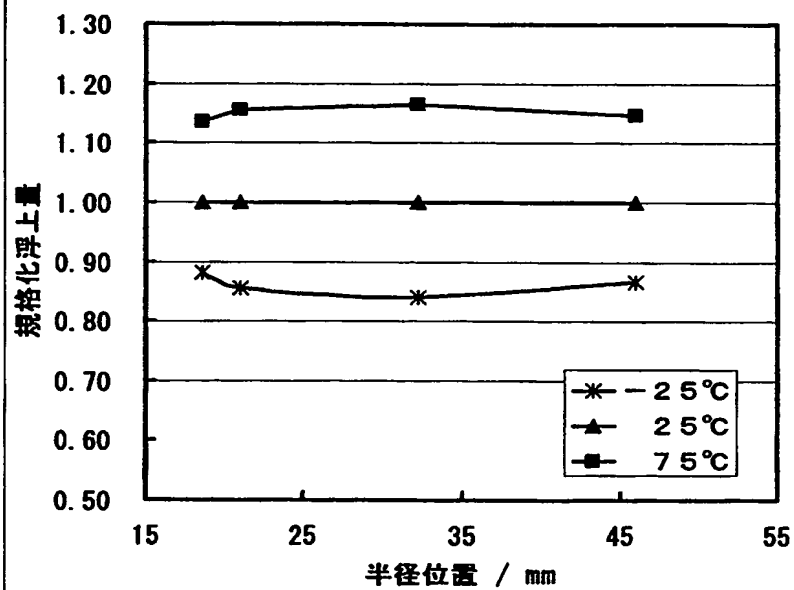
- 4 1 サーボ情報検出回路
- 4 2 記録再生回路部
- 4 3 プリアンプ
- 4 4 増幅回路
- 4 5 A/D変換機

【書類名】 図面

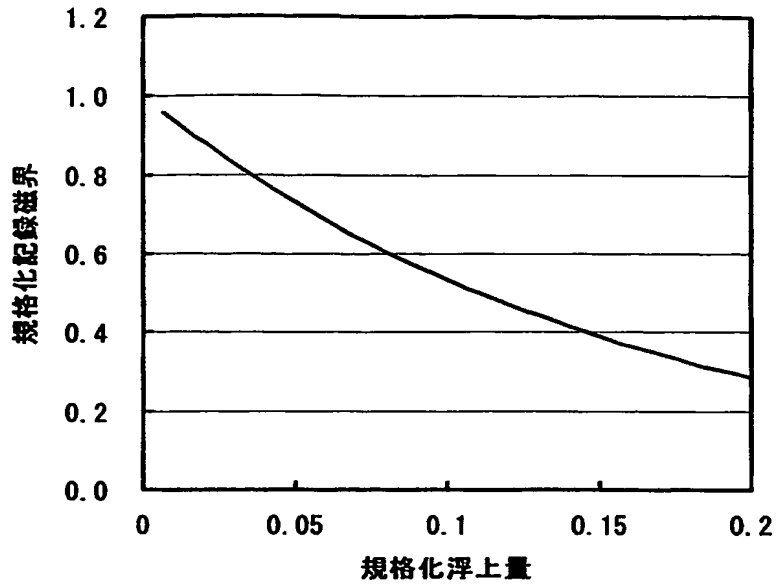
【図 1】



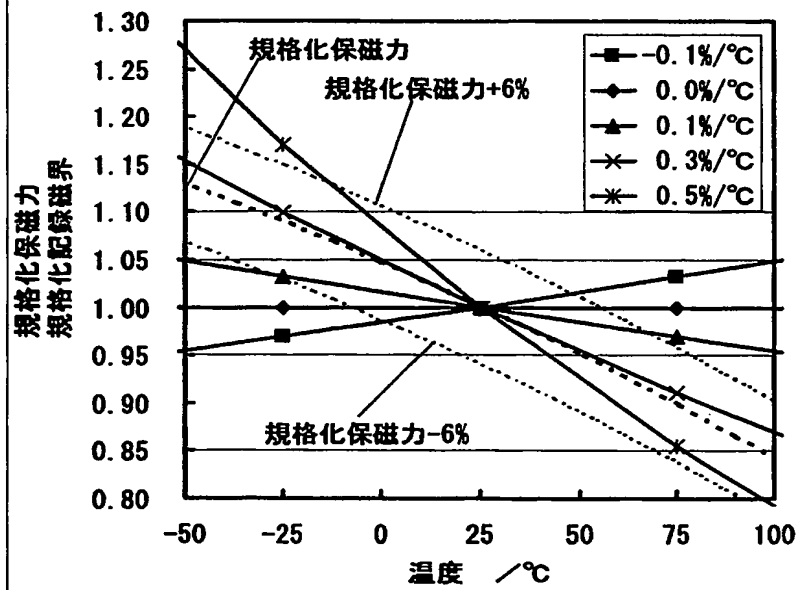
【図 2】



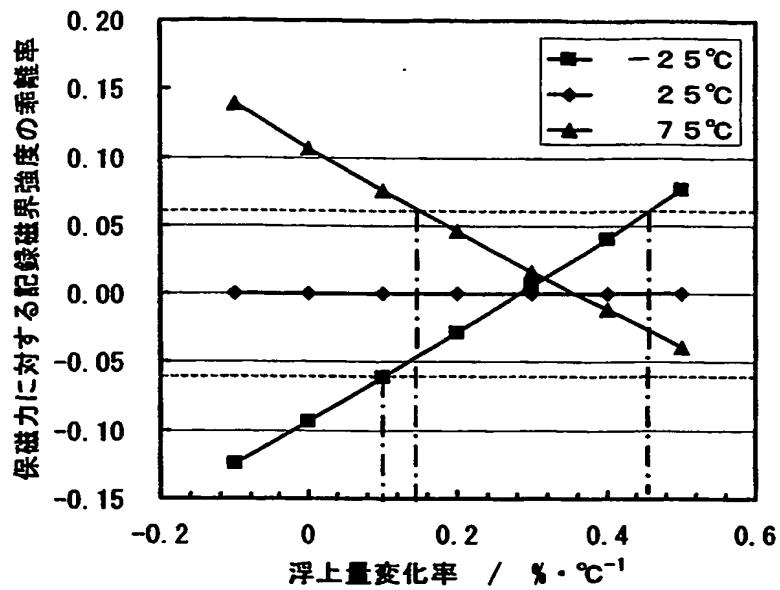
【図 3】



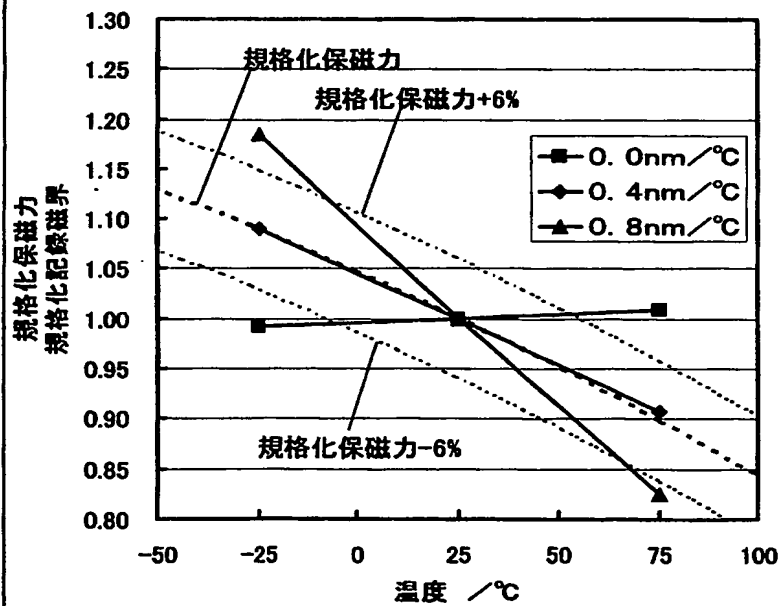
【図 4】



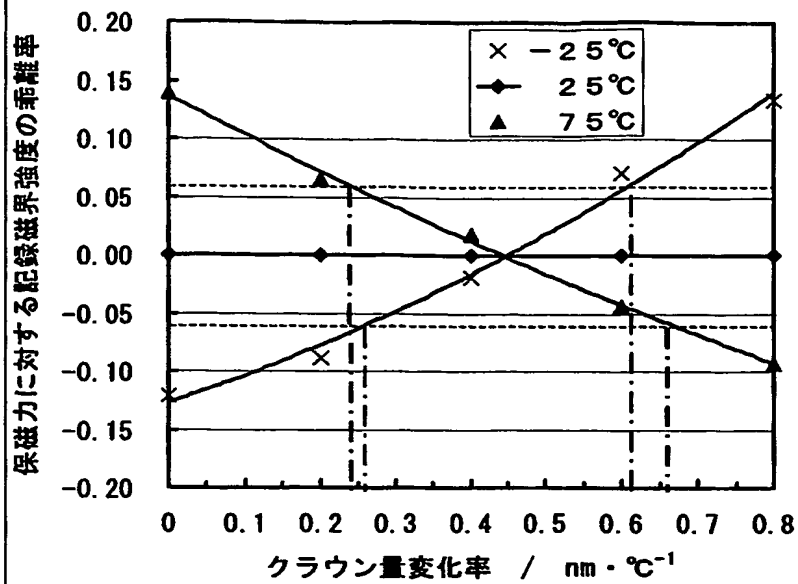
【図 5】



【図 6】

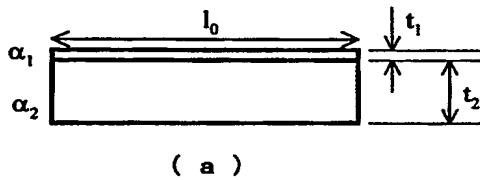


【図 7】

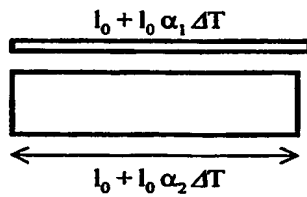


【図 8】

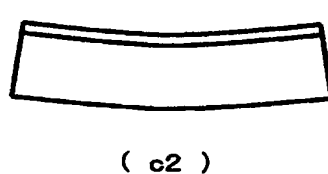
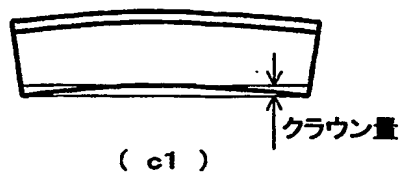
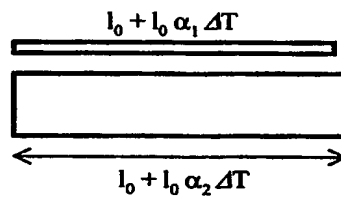
$$T = T_0, \alpha_1 < \alpha_2$$



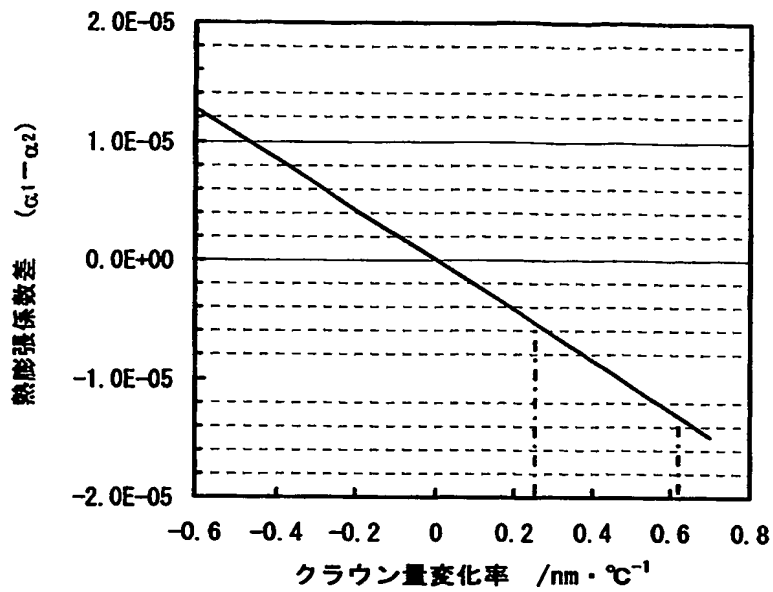
$$T = T_1 \quad (\Delta T = T_1 - T_0 < 0)$$



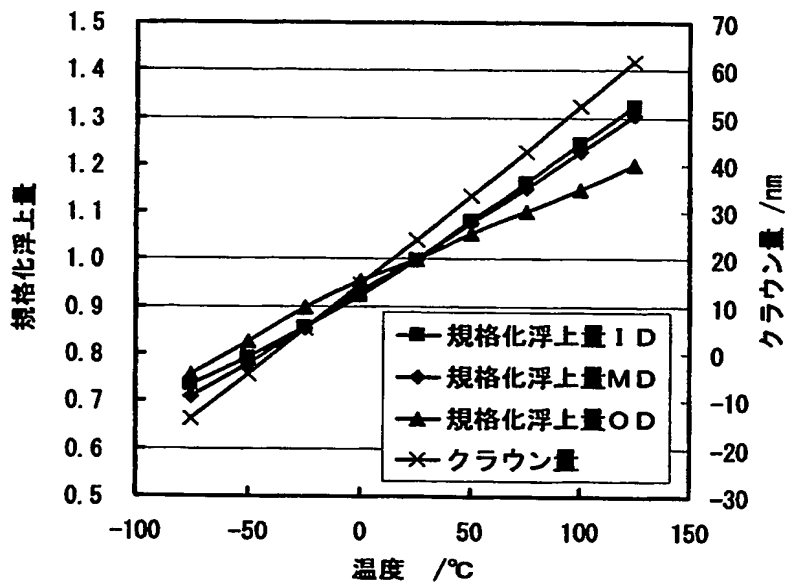
$$T = T_2 \quad (\Delta T = T_2 - T_0 > 0)$$



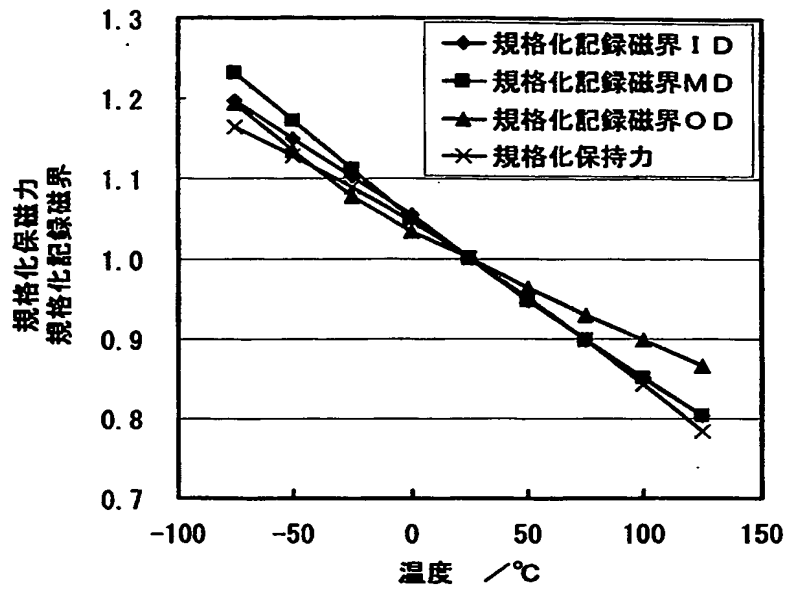
【図 9】



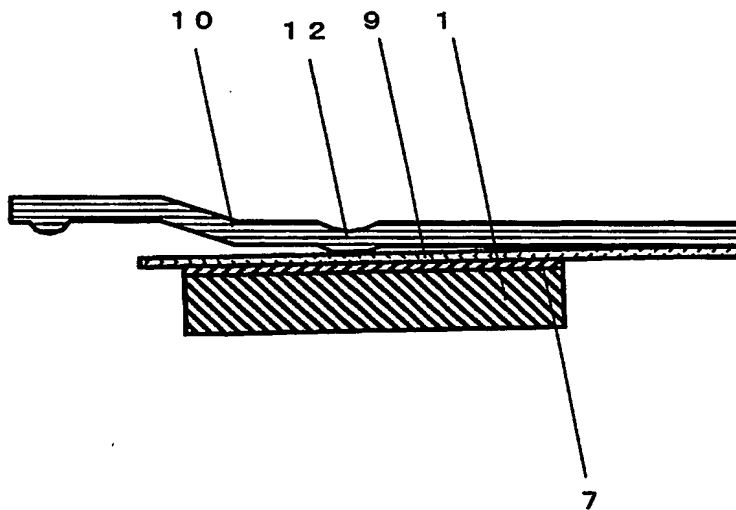
【図 10】



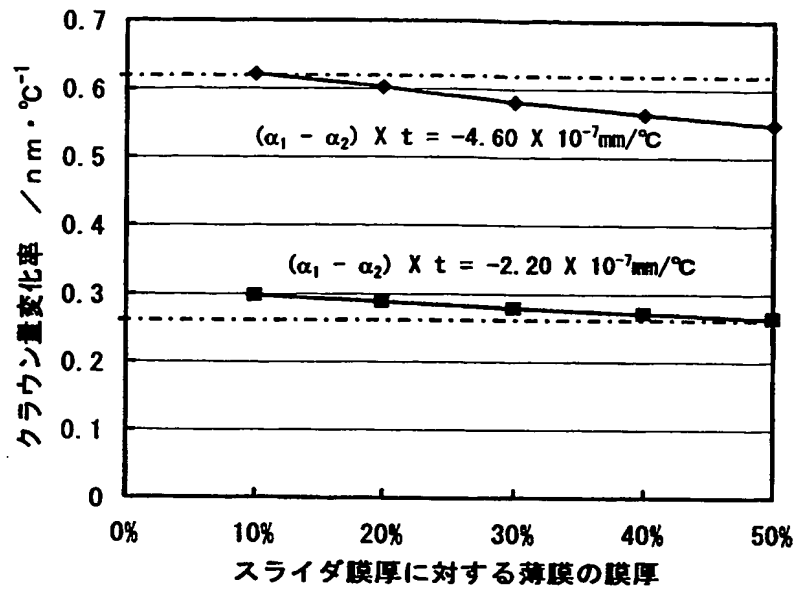
【図 1 1】



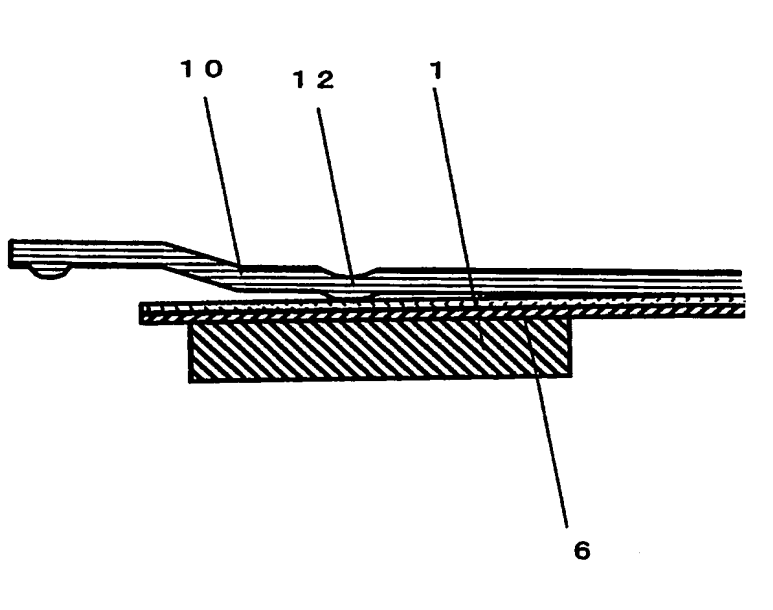
【図 1 2】



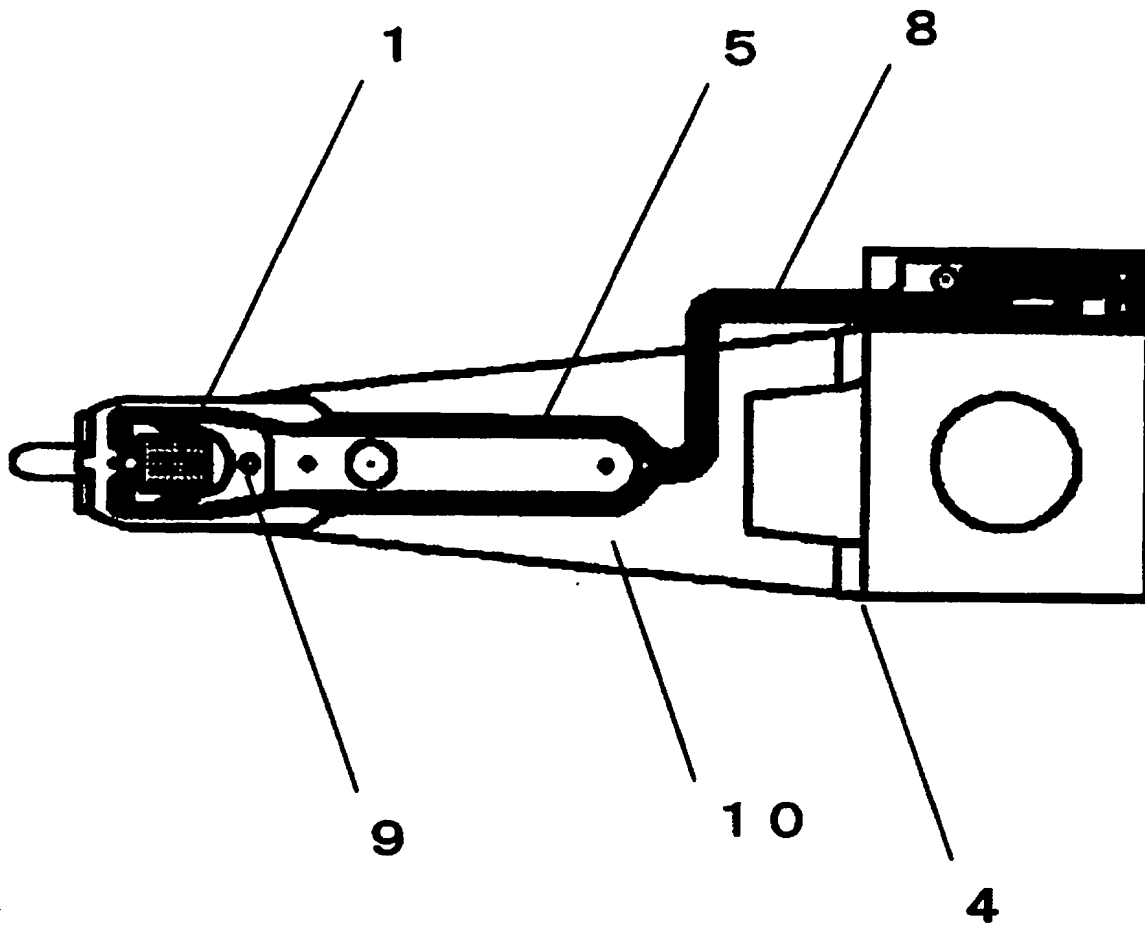
【図 13】



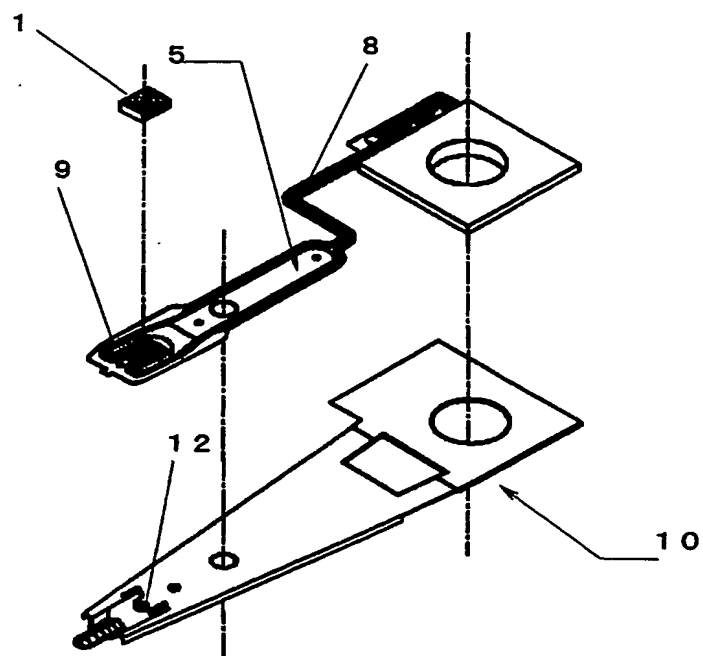
【図 14】



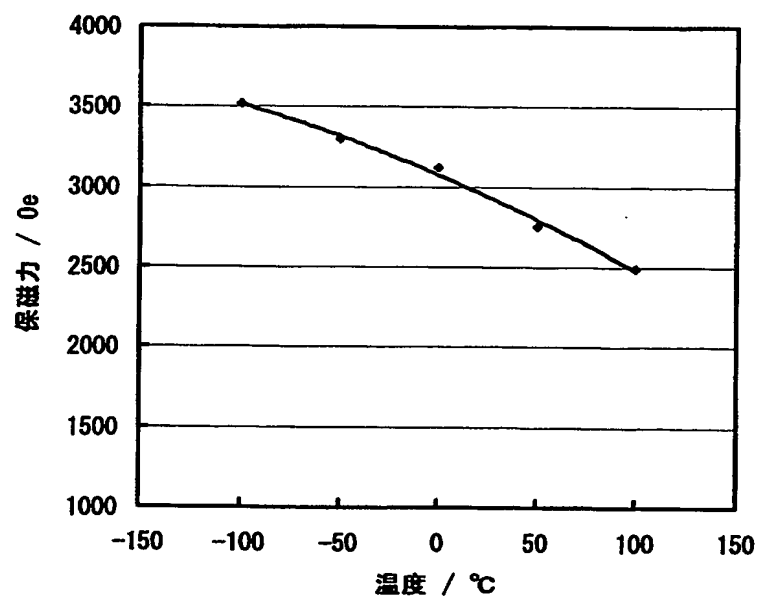
【図 17】



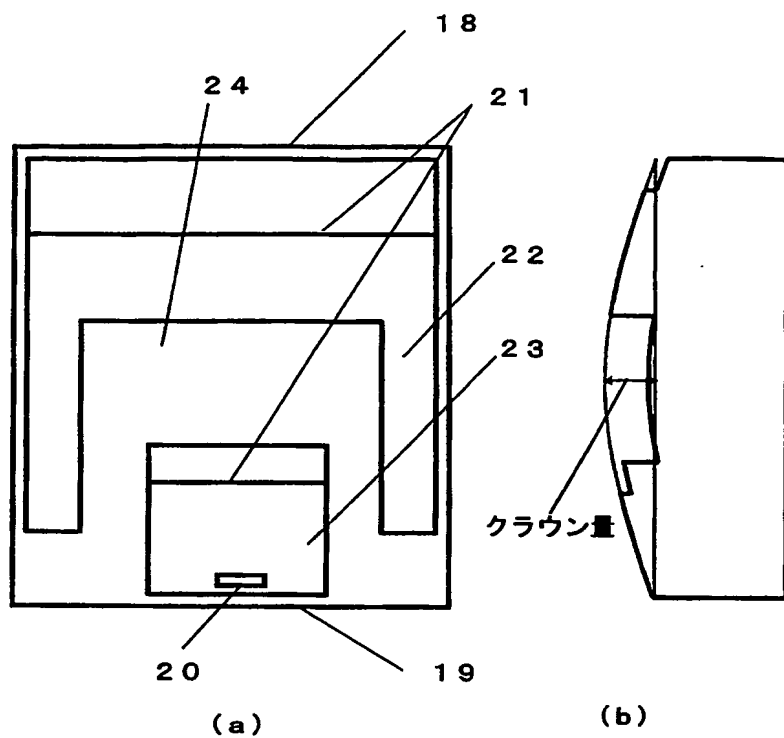
【図 18】



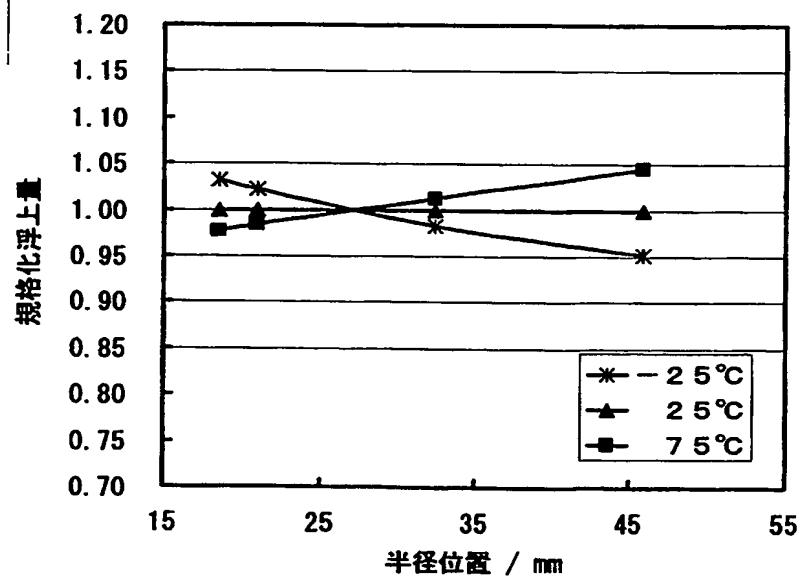
【図 19】



【図 20】



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広範囲な温度環境条件下で使用可能な磁気ディスク装置および、磁気ヘッドアセンブリを実現すること。

【解決手段】 磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量を温度変動に対して制御可能な構成とすることにより、磁気ヘッドスライダ 1 の浮上量を低温では低浮上、高温では高浮上とし、磁気ディスク 2 の保磁力の変動を相殺することが可能となる。また、温度変動に対するクラウン量の変化率を $0.26 \sim 0.62 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ とすることにより、磁気ヘッドスライダ 1 の磁気ディスク 2 の内周から外周にかけての浮上のプロファイルを均一にしたまま、低温では低浮上、高温では高浮上となるように浮上量が制御可能となる。

【選択図】 図 5

特願 2 0 0 2 - 3 5 2 3 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.